



**TUGAS AKHIR - SF141501**

**EVALUASI PARAMETER AKUSTIK PANGGUNG RUANG  
GRAHA SEPULUH NOPEMBER**

**MUDITO TEJO BASWORO  
NRP 1113100035**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno, M.Si  
Gontjang Prajitno, M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**





**TUGAS AKHIR - SF141501**

## **EVALUASI PARAMETER AKUSTIK PANGGUNG RUANG GRAHA SEPULUH NOPEMBER**

**MUDITO TEJO BASWORO  
NRP 1113100035**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno, M.Si  
Gontjang Prajitno, M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SF141501**

## **EVALUATION OF STAGE ACOUSTIC PARAMETERS OF GRAHA SEPULUH NOPEMBER ROOM**

**MUDITO TEJO BASWORO  
NRP. 1113100035**

**Advisor  
Dr. Suyatno, M.Si  
Gontjang Prajitno, M.Si**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EVALUASI PARAMETER AKUSTIK PANGGUNG RUANG GRAHA SEPULUH NOPEMBER

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Program Strata 1  
Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**MUDITO TEJO BASWORO**  
NRP 1113 100 035

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Suyatno, M.Si**  
NIP. 19760620200212.1.004



(.....)

**Gontjang Prajitno, M.Si**  
NIP. 19660102 199003.1.001



(.....)



## EVALUASI PARAMETER AKUSTIK PANGGUNG RUANG GRAHA SEPULUH NOPEMBER

**Nama : Mudito Tejo Basworo**  
**NRP : 1113100035**  
**Jurusan : Fisika, FMIPA ITS**  
**Pembimbing : Dr. Suyatno, M.Si**  
**Gontjang Prajitno, M.Si**

### *Abstrak*

Kualitas pagelaran sangat ditentukan oleh kondisi akustik panggung. Parameter tersebut akan menentukan harmonisasi dari pagelaran serta sebagai media komunikasi antar pemusik. Terdapat parameter akustik yang menentukan akustik panggung adalah *ST early*, *ST late*, waktu dengung dan kejelasan suara dalam music (C80). Penelitian melakukan evaluasi terhadap parameter akustik panggung di GRAHA SEPULUH NOPEMBER. Evaluasi dilakukan melalui pengukuran Impuls respon untuk mendapatkan beberapa parameter akustik yang diantaranya energi suara langsung, energi pantulan pertama dan energi pantulan akhir dari suara yang didengar oleh setiap posisi pemusik. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa, diperoleh nilai waktu dengung sebesar 0.7 - 0.8, *ST early* mempunyai rentang sebesar -20 db – 24 dB pada setiap frekuensi, *ST late* mempunyai rentang sebesar -21 dB – 21 dB pada setiap frekuensi dan C80 mempunyai rentang sebesar 2 dB – 21 dB pada setiap frekuensi. Dari hasil yang didapat pada GRAHA SEPULUH NOPEMBER lebih cocok digunakan sebagai tujuan *speech*, parameter *ST early* dan *ST late* pada panggung masih belum mencapai rekomendasi yang diinginkan.

*Kata kunci: Akustik panggung, Kejelasan suara dalam musik, Pantulan akhir, Pantulan pertama, Suara langsung, ST early, ST late, Waktu dengung*

# EVALUATION OF STAGE ACOUSTIC PARAMETERS OF GRAHA SEPULUH NOPEMBER ROOM

**Name** : Mudito Tejo Basworo  
**NRP** : 1113100035  
**Major** : Fisika, FMIPA ITS  
**Advisor** : Dr. Suyatno, M.Si  
Gontjang Prajitno, M.Si

## *Abstract*

The quality of the performance is determined by the stage acoustic condition. The parameters will determine the harmonization of performances as well as communication media between musicians. There are acoustic parameters that determine the stage acoustics are STearly, ST late, humming time and sound clarity in music (C80). The study evaluated the stage acoustic parameters in GRAHA SEPULUH NOPEMBER. The evaluation is done by measuring the response impulse to obtain some acoustic parameters such as the direct sound energy, the first energizing energy and the final reflected energy of the sound heard by each position of the musician. Based on the measurement and analysis, the value of the humming time of 0.7-0.8, *ST early* has a range of -20 db - 24 dB at each frequency, ST late has a range of -21 dB - 21 dB at each frequency and C80 has a range of 2 DB - 21 dB at each frequency. From the results obtained on the SEPULUH NOPEMBER GRAHA more suitable for speech purposes, ST early and ST late parameters on the stage still have not reached the desired recommendation.

*Key words: Clarity of music, Direct sound, First reflection, Late reflection, Reverberant time, Stage acoustic, ST early, ST late*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

### **“EVALUASI PARAMETER AKUSTIK PANGGUNG RUANG GRAHA SEPULUH NOPEMBER”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Gontjang Prajitno M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M, si selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA ITS.
6. Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.



7. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Annas, Adib, Icha, Selvi, Befie, Regina, Mbak Gita, Mas Thobron, Mas Sholeh, Mas Haikal, dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
8. Humam, Muniroh, Nandika, Rizki dan Sakti dari angkatan 2016 yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh pikiran dan tenaga.
9. Bakti, Dwi dan Teman-teman seangkatan yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan bidang AKUSTIK RUANG.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Permasalahan.....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan Laporan .....	3
BAB II .....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1    Akustik Ruang.....	5
2.2    Karakteristik Bunyi .....	7
2.3    Waktu Dengung.....	8
2.4    Kejelasan Suara .....	9

2.5	<i>Support Time</i> .....	11
BAB III.....		15
METODOLOGI .....		15
3.1	Tahap-tahap Penelitian .....	15
3.2	Observasi awal .....	16
3.3	Pengambilan data .....	19
3.4	Pengolahan sinyal.....	21
BAB IV .....		27
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
4.1	Evaluasi Waktu Dengung.....	29
4.2	Evaluasi <i>ST early</i> .....	32
4.3	Evaluasi <i>ST Late</i> .....	36
4.4	Evaluasi Kejelasan Suara .....	38
BAB V .....		41
KESIMPULAN DAN SARAN .....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		43
LAMPIRAN 1 .....		45
LAMPIRAN 2 .....		47
BIOGRAFI PENULIS.....		49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 rekomendasi C80 berdasarkan genre musik (Abdel Alim, 1973) .....	10
Tabel 2. 2 rekomendasi D50 (Riberio,2002) .....	11
Tabel 3. 1 material penyusun sekeliling panggung Graha Sepuluh Nopember .....	17
Tabel 3. 2 spesifikasi <i>speaker</i> yang digunakan .....	19
Tabel 3. 3 batas atas dan batas bawah pita frekuensi .....	23

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 frekuensi pada setiap sumber bunyi.....	5
Gambar 2. 2 bunyi pada ruang (Doelle, 1917) .....	6
Gambar 2. 3 pola susunan bunyi .....	7
Gambar 2. 4 waktu dengung.....	8
Gambar 2. 5 grafik standart waktu dengung .....	9
Gambar 2. 6 faktor yang mempengaruhi <i>ST early</i> dan <i>ST late</i> (Linnea, 2014) .....	13
Gambar 3. 1 diagram alir penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Panggung Graha Sepuluh Nopember .....	16
Gambar 3. 3 skema pengambilan titik pengukuran .....	18
Gambar 3. 4 arah dari <i>speaker</i> dan proses pengukuran.....	20
Gambar 3. 5 impuls respon yang diterima titik 1 dari sumber 2,3 dan 4 .....	21
Gambar 3. 6 FFT dari sumber yang diterima vokalis.....	22
Gambar 3. 7 hasil potongan grafik FFT (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz .....	24
Gambar 3. 8 invers dari filter (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz .....	25
Gambar 3. 9 cara memperoleh nilai parameter dari impuls (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz .....	25
Gambar 4. 1 posisi titik ukur .....	27
Gambar 4. 2 SPL pada titik 1 dari sumber 2,3 dan 4.....	28
Gambar 4. 3 jarak sumber terhadap titik pendengar.....	28
Gambar 4. 4 waktu dengung pada titik 1 untuk sumber 2,3 dan 4 .....	29
Gambar 4. 5 <i>STearly</i> pada titik 1 (vokalis) dengan sumber 2, 3 dan 4 .....	32
Gambar 4. 6 kontur <i>ST Early</i> frekuensi 1000 Hz .....	35
Gambar 4. 7 <i>STlate</i> pada titik 1 (vokalis) dengan sumber 2, 3 dan 4 .....	36
Gambar 4. 8 kontur <i>ST late</i> frekuensi 1000 Hz .....	37

Gambar 4. 9 C80 pada titik 1 (vokalis) dari sumber 2,3 dan 4..	38
Gambar 4. 10 hubungan antara waktu dengung, <i>ST early</i> dan C80 .....	39
Gambar 4. 11 hubungan antara waktu dengung, <i>ST late</i> dan C80 .....	40

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN 1** GAMBAR SINYAL SUARA pada TITIK 1...43

**LAMPIRAN 2** DATA PENGUKURAN WAKTU DENGUNG,  
*ST EARLY*, *ST LATE* dan C80 pada TITIK 1.....45





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat berdampak pula pada bisnis ruang serbaguna. Ruang serbaguna yaitu ruangan yang dapat difungsikan untuk kegiatan musik dan *speech* (vokal). Didalam ruang serbaguna, biasanya terdapat area panggung. Dalam pagelaran musik, tidak hanya para *audience* yang membutuhkan parameter akustik referensi, tetapi pemain yang sedang tampil juga perlu mendapatkan akustika ruang yang baik pula. Ketika pemain mendapatkan akustika yang baik tersebut akan meningkatkan performa yang bagus.

Peran akustika ruangan yang berperan pada setiap pemain yang sedang pentas diatas panggung adalah bagaimana satu pemain dengan pemain lain dapat mendengarkan satu sama lain bahkan dapat mendengarkan koordinasi bagi sesama pemain. Hal tersebut dapat dikatakan sebagai akustika panggung. Jika akustika panggung tidak terpenuhi maka akan terjadi kesalahan fatal yang terjadi pada pemain, yaitu pemain tidak dapat mendengar instrumentnya sendiri, pemain tidak dapat mendengar intruksi dari konduktornya, sampai kurangnya presisi pada *rhytme* musik. Salah satu upaya yang dilakukan agar parameter akustik tersebut tercapai, maka ditambahkan monitor *speaker* pada setiap pemain. Kondisi ini secara keseluruhan dapat mengganggu pada pemain yang lainnya.

Sudah banyak penelitian tentang akustika panggung, salah satunya yaitu (Dammerud, 2011). Dammerud menjelaskan bahwa kualitas akustika panggung dapat di diketahui melalui parameter – parameter panggung yaitu Waktu dengung,  $G$  (*Gain*), dan *Support Time*. Jika parameter akustik panggung tersebut sudah terpenuhi maka dapat dikatakan bahwa akustika panggung tersebut sudah mempunyai kualitas yang bagus. Selanjutnya penelitian ini telah dilakukan pada Graha Sepuluh Nopember, karena pada Graha Sepuluh Nopember sebagai ruang yang dapat berfungsi sebagai ruang multipurpose sehingga untuk kedepannya pasti akan ada banyak pertunjukan musik, drama dan lain lain yang membutuhkan kualitas panggung yang baik pula. Sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas panggung pada Graha Sepuluh Nopember melalui parameter waktu dengung, *Support Time* dan kejelasan suara.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pemanfaatan sinyal suara dalam memperoleh parameter akustik panggung di Graha Sepuluh Nopember?
2. Bagaimana mengevaluasi parameter panggung untuk menentukan kualitas akustik panggung?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari peneltian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan sinyal suara untuk memperoleh parameter akustik panggung di Graha Sepuluh Nopember
2. Untuk mengetahui kualitas akustik pada panggung dengan menggunakan parameter terkait

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Parameter yang digunakan adalah waktu dengung, *ST early*, *ST late*, dan C80
2. Sumber suara menggunakan *speaker Wharfedale Pro EVP-X12P*
3. Pengolahan sinyal menggunakan filter *bandpass*

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini yaitu dapat mempelajari dan mengetahui parameter yang dapat meningkatkan performa diatas panggung, dapat dilakukan perbaikan pada panggung agar performa pemain meningkat.

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V kesimpulan dan saran.

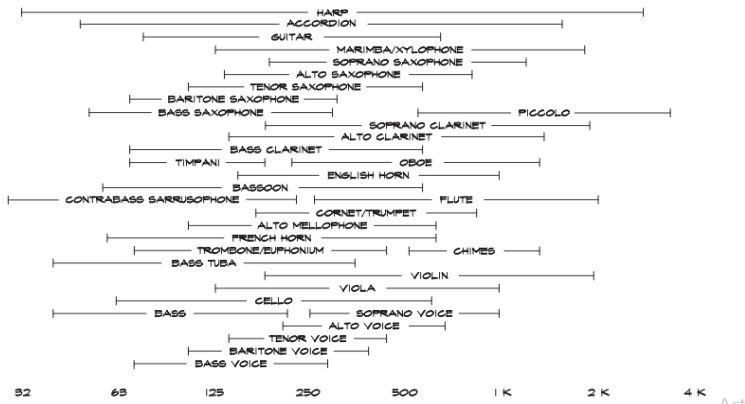
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Akustik Ruang

Suara terjadi akibat suatu benda yang bergetar, menyebabkan zat lain bergesekan dengan zat lain yang ada di sekitarnya kesegala arah. Akibatnya akan terbentuk rambatan yang mempunyai pola rapatan dan renggangan. Kemudian rambatan tersebut akan berjalan sampai jarak tertentu dari sumber dan sampai ke telinga manusia dan diteruskan sampai ke otak. (Mediastika, 2005)

Sebagai fenomena fisis yang diakibatkan oleh getaran, maka dapat diklasifikasikan berbagai macam instrumen berdasarkan range frekuensi yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

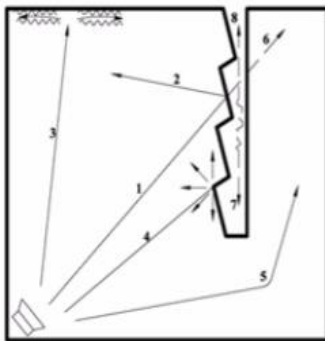


**Gambar 2. 1** frekuensi pada setiap sumber bunyi

Karena getaran tersebut, maka akan muncul jumlah getaran yang terjadi dalam satu detik atau disebut sebagai frekuensi. Setiap sumber getar yang menghasilkan suara, akan memiliki zona atau daerah tertentu, tergantung pada karakteristik suara yang dihasilkan untuk kemudian didengar oleh manusia. **Gambar 2.1** menunjukkan zona frekuensi pada setiap sumber suara.

Secara garis besar, respon telinga manusia dalam merespon suara dibatasi oleh ambang pendengaran yaitu suara pada frekuensi 20 Hz – 20000 Hz yang disebut audiosonik. Sedangkan suara yang tidak dapat didengar oleh telinga manusia adalah suara infrasonik ( $<20$  Hz) dan ultrasonik ( $>20$  Hz). (Mediastika, 2005)

Didalam ruang, perilaku suara dapat diibaratkan sebagai sinar. Sinar ini merambat dalam garis-garis lurus pada tiap arah di dalam ruang, pendekatan menyamakan kelakuan gelombang bunyi dengan kelakuan sinar cahaya disebut dengan akustik geometrik. **Gambar 2.2** menunjukkan bagaimana sifat suara ketika di bunyikan pada suatu ruang.

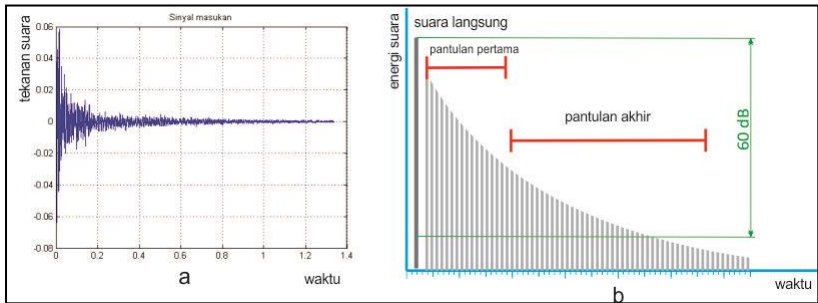


1. Bunyi datang / bunyi langsung
2. Bunyi pantul
3. Bunyi yang diserap oleh lapisan permukaan
4. Bunyi difus / bunyi yang disebar
5. Bunyi difraksi, bunyi yang dibelokkan
6. bunyi yang ditransmisi
7. Bunyi yang hilang oleh struktur bangunan
8. Bunyi yang dirambatkan oleh struktur bangunan

**Gambar 2. 2** bunyi pada ruang (Doelle, 1917)

## 2.2 Karakteristik Bunyi

Didalam penjalaran untuk sampai ke pendengar, energi yang dihasilkan oleh sebuah sumber suara akan mengalami interaksi dengan ruang yang nantinya akan menimbulkan respon berupa impulse. **Gambar 2.3** menunjukkan pola energi suara yang meluruh berdasarkan 3 wilayah waktu yang berbeda.



**Gambar 2. 3** pola susunan bunyi

(a) Respon impuls

(b) Respon impuls dengan satuan energi pada sumbu y

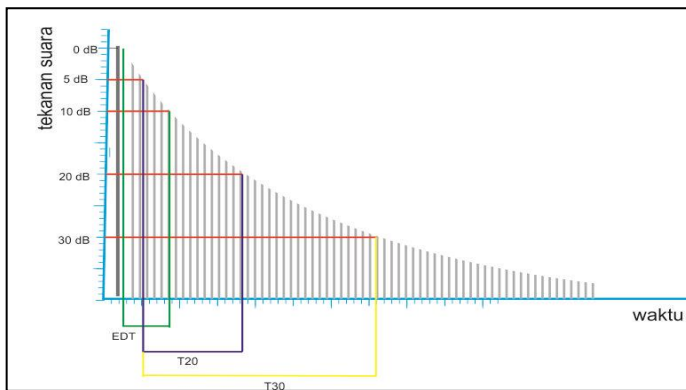
Berdasarkan **Gambar 2.3**, suara langsung adalah suara yang datang langsung dari sumber suara ke pendengar. Suara langsung sampai pendengar dengan rentang waktu 0-10 ms. Pantulan pertama adalah suara yang datang hingga 80 ms dan umumnya memiliki pola kepadatan suara yang lebih rendah dari pantulan akhir. Selain itu keterlambatan pantulan pertama disebabkan pada refleksi dan tingkat SPL yang rendah yang disebabkan kemampuan absorpsi dari permukaan. Dengan kata lain pantulan pertama merupakan suara yang berasal dari pantulan permukaan pada dinding penyusun. Pantulan akhir adalah suara yang datang setelah 80ms dan memiliki pola kepadatan yang lebih rapat karena refleksi sudah didistribusikan keseluruhan ruangan. (Linnea, 2014)

ITDG (*initial time delay gap*) adalah waktu antara suara langsung dan suara pantulan pertama. Pada pengukuran akustik menunjukkan di tengah lantai utama sebuah hall yang bagus

mempunyai ITDG pada 25 ms atau dibawahnya, sedangkan pada hall tingkat rendah mempunyai ITDG 35 ms dan hall yang paling buruk ITDG mencapai 60 ms. (Beranek, 1914)

### 2.3 Waktu Dengung

Waktu dengung atau *reverberation time* (RT) adalah seberapa lama energi suara bertahan dalam ruangan yang dihitung dengan cara mengukur waktu tekanan suara meluruh sebesar 60 dB. RT dipengaruhi oleh komposisi penyusun ruangan. Jika ruangan didominasi oleh permukaan yang bersifat reflektif maka RT cenderung panjang, sedangkan jika ruang didominasi oleh permukaan yang bersifat absorpsi maka RT cenderung pendek. (Beranek, 1914)



**Gambar 2. 4** waktu dengung

Berdasarkan **Gambar 2.4**, proses peluruhan suara berdasarkan EDT, T20 dan T30. (Ballou, 2008)

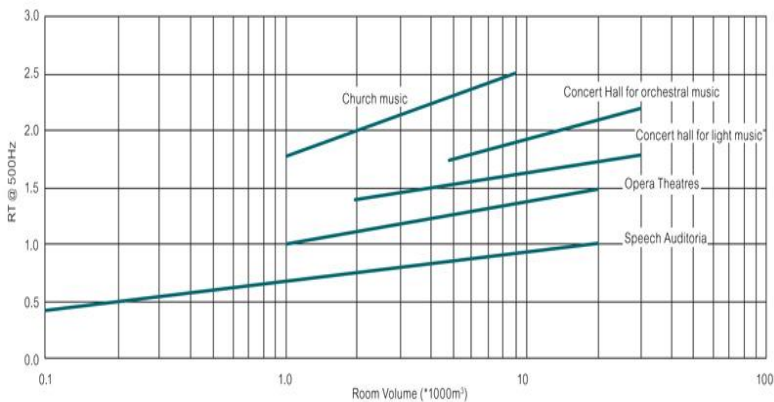
Berdasarkan Sabine, nilai RT memiliki standart yang salah satunya dipengaruhi oleh volume ruang (Rumus Sabine). Rumus Sabine secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$RT = 0.16 \frac{V}{S\alpha} \dots\dots\dots 2.1$$



Dimana RT adalah waktu dengung, V adalah volume ruang, S adalah luas permukaan ruang dan  $\alpha$  adalah koefisien penyerapan.

**Gambar 2.4** menunjukkan grafik yang menyatakan hubungan antara RT standart dengan volume ruang berdasarkan rumus Sabine persamaan 2.1.



**Gambar 2. 5** grafik standart waktu dengung

Berdasarkan **Gambar 2.5**, terlihat bahwa setiap ruang memiliki parameter waktu dengung yang berbeda-beda sesuai dengan volume ruang dan fungsi ruang tersebut digunakan.

## 2.4 Kejelasan Suara

*Clarity* atau kejelasan dapat menunjukkan kejelasan speech atau musik dalam suatu ruangan. *Clarity* dapat dihitung dengan sepuluh kali logaritma antara rasio dari energi suara pada interval awal samapi detik 80 ms dengan energi suara setelah 80 ms. Secara matematis dapat diukur sebagai berikut:

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80} p^2 t dt}{\int_{80}^{\infty} p^2 t dt} \dots\dots\dots 2.2$$

Sementara untuk definition (D50) adalah parameter yang menunjukkan kejelasan suara vokal yang dihitung antara rasio dari energi suara pada interval awal samapi detik 50 ms dengan energi suara keseluruhannya. Secara matematis dapat diukur sebagai berikut:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2 t dt}{\int_0^{\infty} p^2 t dt} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana D50 untuk kejelasan dalam vokal, C80 untuk kejelasan musik dan p adalah tekanan suara. (Ballou, 2008)

Sebagaimana yang dikatakan Abdel Alim, C80 memiliki nilai untuk menentukan baik buruknya kejelasan ketika musik dimainkan di ruangan. Untuk setiap musik berbeda-beda kriteria penilainnya sesuai genre musik. Berikut adalah beberapa penilaian terhadap kriteria kejelasan utuk berberapa genre musik.

Tabel 2. 1 rekomendasi C80 berdasarkan genre musik (Abdel Alim, 1973)

Genre musik	Rekomendasi C80
Musik Klasik	> -1.6 dB
Musik Romantis	> -4.6 dB
Musik Sacral	> -3 dB
Yang biasa direkomendasikan	> -5 dB

Sedangkan untuk pidato mempunyai standart yang ditunjukkan pada **tabel 2.2.**

**Tabel 2. 2** rekomendasi D50 (Riberio,2002)

D <sub>50</sub> (%)	Kategori
0-20	Sangat Buruk
20-30	Buruk
30-45	Cukup/sedang
45-70	Bagus
70-80	Sangat Bagus

## 2.5 *Support Time*

Setidaknya ada dua aspek yang unik pada situasi untuk pemain dalam setiap pagelaran yaitu, *ease of ensemble* dan *support*. Yang pertama *Ease of ensemble* adalah bagaimana baiknya pemain musik dapat mendengar dan bermain bersama koleganya. Jika *ease of ensemble* tidak tercapai dampak buruk bagi pendengar adalah adanya ketidakpresisian pada *rhythm* dan intonasi dan ketidakseimbangan dari berbagai macam instrument. *Ease of ensemble* berhubungan dengan jumlah dari energi pantulan awal yang di sebarakan pada panggung. Parameter tersebut adalah *early support (ST early)*. (Rhosing, 2007)

*ST early* adalah rasio antara energi dari pantulan awal dan suara langsung yang diukur antara sumber dan penerima.

$$ST\ early = 10 \log \left[ \frac{\int_{20ms}^{100ms} p^2(t) dt}{\int_0^{10ms} p^2(t) dt} \right] dB \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana,

$p(t)$  : adalah tekanan suara dari impuls respon pada titik pengukuran

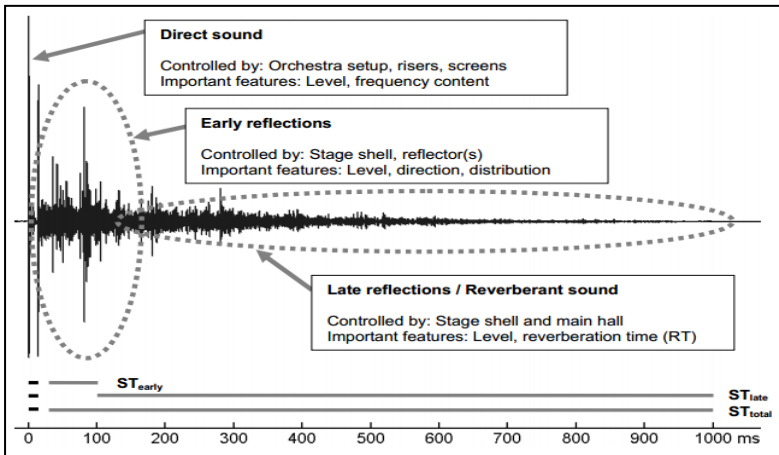
Yang kedua adalah *support*, *support* berhubungan dengan bagaimana ruangan membantu kinerja pemain musik untuk dapat mendengarkan instrument mereka. *Support* dapat memberi kemudahan untuk bermain atau meninggikan nada jika dibutuhkan agar instrument mereka dapat mengisi ruangan. *Support* juga didefinisikan sebagai rasio energi dari pantulan akhir dengan energi suara langsung pada panggung yang diukur antara sumber dan penerima. Parameter tersebut adalah *late support* (*ST late*). (Rhosing, 2007)

$$ST\ late = 10 \log \left[ \frac{\int_{100\text{ms}}^{1000\text{ms}} p^2(t) dt}{\int_0^{100\text{ms}} p^2(t) dt} \right] dB \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana,

$p(t)$  : adalah tekanan suara dari impuls respon pada titik pengukuran

**Gambar 2.6** menunjukkan bahwa dalam evaluasi panggung dibutuhkan sebuah parameter yang dapat menjelaskan pengaruh dari komponen penyusun sekitar panggung.



**Gambar 2. 6** faktor yang mempengaruhi  $ST_{early}$  dan  $ST_{late}$  (Linnea, 2014)

Berdasarkan pada **Gambar 2.6**, nilai parameter  $ST_{early}$  diperoleh dengan membandingkan antara energy pada 20-100 ms yang merupakan energi dari pantulan pertama dengan energi 0-10ms yang merupakan suara langsungnya. Pantulan pertama dipengaruhi oleh dinding-dinding penyusun ruangan, adanya reflektor-reflektor pada panggung, energi dari sumber, arah dari sumber dan pendistribusian suara. (Linnea, 2014)

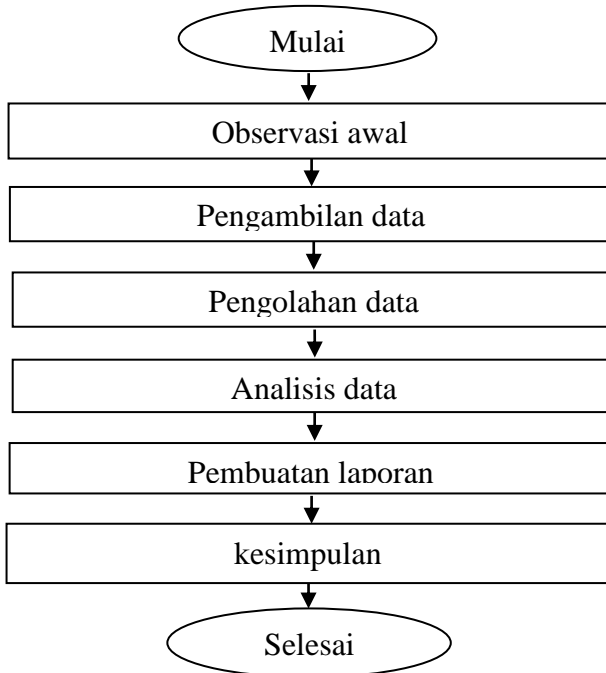
$ST_{late}$  merupakan parameter yang membandingkan antara energi pada 100-1000 ms yang merupakan energi dari pantulan akhir dengan energy 0-10 ms yang merupakan suara langsungnya. Pantulan akhir dipengaruhi oleh dinding-dinding penyusun ruangan, hall utama, energi dari sumber, waktu dengung ruangan. (Linnea, 2014)

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Tahap-tahap Penelitian

Sesuai dengan tujuan pada penelitian tugas akhir ini pengambilan data dilakukan dengan memberikan impuls respon pada setiap posisi titik ukur untuk kemudian dilakukan perhitungan dan analisa parameter. Parameter tersebut antara lain waktu dengung, kejelasan suara musik (C80), dan *Support Time* (*ST early* dan *ST late*). Adapun langkah-langkah penelitian terlihat pada diagram alir **Gambar 3.1** berikut ini.



**Gambar 3. 1** diagram alir penelitian

### 3.2 Observasi awal

Pada tugas akhir ini pembahasan mengenai panggung dilakukan pada Graha Sepuluh Nopember yang dikhususkan untuk fungsi musik. Berikut merupakan panggung dari Graha Sepuluh Nopember tersebut.



**Gambar 3. 2** Panggung Graha Sepuluh Nopember

Berdasarkan **Gambar 3.2**, Graha Sepuluh Nopember memiliki panggung berbentuk persegi dengan luas  $273 \text{ m}^2$ . Dimana volume ruang dari graha adalah  $45.000 \text{ m}^3$ . Sedangkan untuk bagian kiri dan kanan pada graha sama, dapat dikatakan pada graha mempunyai bentuk simetri. Pada sekeliling Graha Sepuluh Nopember sendiri terdiri dari material yang dapat dilihat pada tabel dibawah.

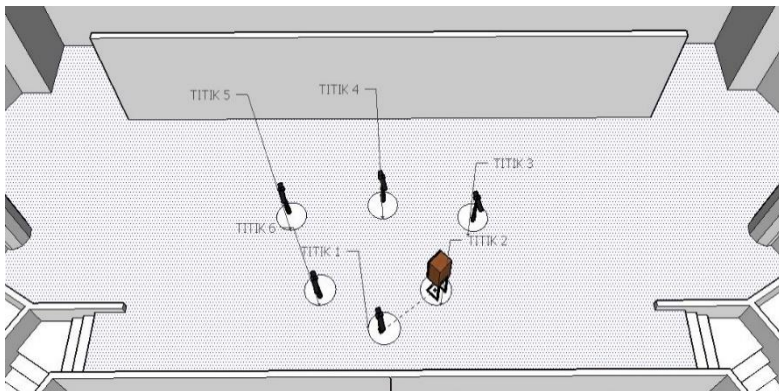


**Tabel 3. 1** material penyusun sekeliling panggung Graha Sepuluh Nopember

bagian	material	Gambar
Tembok Panggung belakang	Tembok + Pintu	
Tembok panggung depan	tembok + karpet tipis	
Lantai panggung	karpet	
samping panggung	Ruang ganti pemain	
Atap panggung	Beton	

Ventilasi panggung		
--------------------	--	---

Selanjutnya penentuan titik-titik diatas panggung Graha Sepuluh Nopember diasumsikan sebagai sebuah kelompok band akustik yang sedang pentas pada panggung tersebut. Jadi apa yang didengar oleh personil merupakan suara langsung dari instrument yang dimainkan.



**Gambar 3. 3** skema pangambilan titik pengukuran

Berdasarkan **Gambar 3.3**, titik-titik pengukuran titik 1 diasumsikan sebagai vokalis titik 2 diasumsikan sebagai gitaris titik 3 diasumsikan sebagai pianis titik 4 diasumsikan sebagai drummer sedangkan titik-titik lain diasumsikan sebagai personil yang mengisi pada pementasan tersebut.

### 3.3 Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan pada malam hari dengan menggunakan *speaker* merk *Wharfedale Pro EVP-XI2P* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3. 2** spesifikasi *speaker* yang digunakan

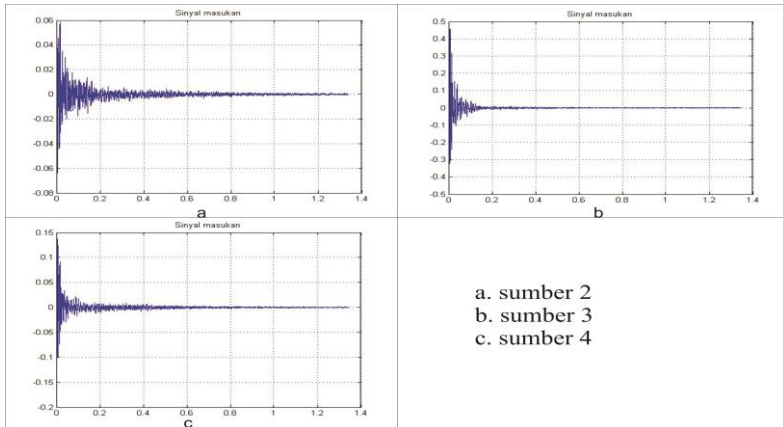
Configuration	2-Way
Frequency Response (+/- 3dB)	55 -20kHz
Power (RMS / Program / Peak)	250W / 500W / 1000W
Impedance	8Ω
Max SPL	128dB
Low Frequency Transducer	12"
High Frequency Transducer	1.75" Titanium Compression Driver
Nominal Coverage	90° x 60°
Waveguide Type	Elliptical
Input	2 x Speakon / Thru, 2 x 6.3mm jack
Net Weight	19.3kg
Gross Weight	22kg
Dimensions	590mm x 430/297.5mm x 370mm

Untuk memperoleh parameter yang diharapkan, sumber suara diletakkan pada titik 1 dan mikrophone diletakan pada titik 2,3,4,5,dan 6 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.4 (1)**. Dari pengukuran tersebut diperoleh respon impuls pada setiap mikrophone. Kemudian pengambilan data dilakukan lagi dengan menempatkan sumber suara pada titik 2 kemudian didapatkan respon impuls pada titik-titik yang terpasang mikropone. Pengambilan data dilakukan dengan cara yang sama dengan meletakkan sumber suara pada titik-titik lain secara bergantian.



**Gambar 3. 4** arah dari *speaker* dan proses pengukuran

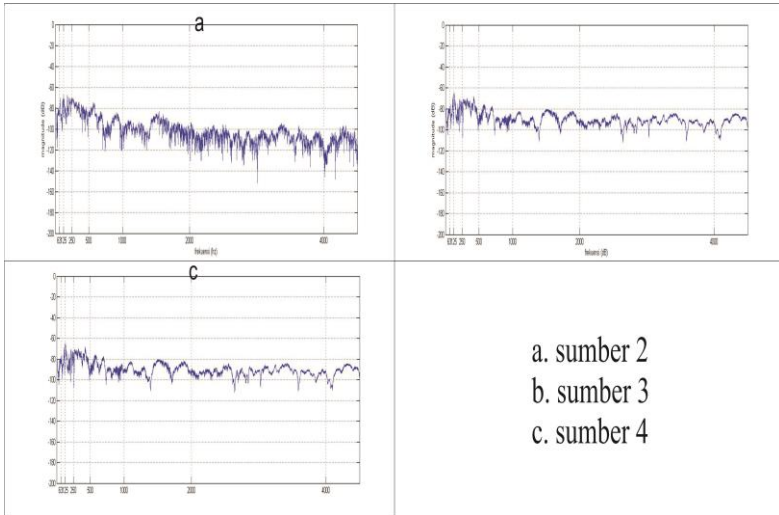
Berdasarkan **Gambar 3.4** menunjukkan arah *speaker* dan jarak antar titik pada proses pengukuran menggunakan *speaker* dengan dengan spesifikasi **Tabel 3.2** dari pengukuran tersebut didapatkan respon impuls yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3. 5** impuls respon yang diterima titik 1 dari sumber 2,3 dan 4

### 3.4 Pengolahan sinyal

Pada tugas akhir ini pengolahan data berawal dari didapatnya respon impuls pada masing-masing titik untuk setiap sumber yang ditunjukkan **Gambar 3.5**. Selanjutnya diolah menggunakan *software matlab* dengan metode *bandpass filter* sehingga dapat menunjukkan grafik FFT (*Fast Fourier Transform*) yang menunjukkan besarnya energi suara pada setiap frekuensi. **Gambar 3.6** menunjukkan grafik FFT pada sumber 2, 3 dan 4 yang diterima oleh titik 1 (vokalis).

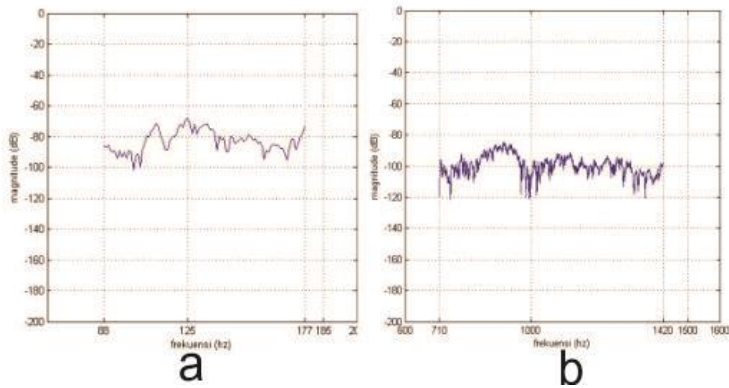


**Gambar 3. 6** FFT dari sumber yang diterima vokalis

Berdasarkan **Gambar 3.6**, FFT adalah teknik menjadikan respon impuls untuk sumbu x menjadi frekuensi sedangkan sumbu y adalah magnitude yaitu besarnya energi suara setiap frekuensi. Selanjutnya grafik FFT tersebut di potong berdasarkan nilai frekuensi batas atas dan batas bawah untuk mendapatkan sumber suara yang terjadi pada frekuensi tersebut. Nilai dari batas atas dan batas bawah pada setiap frekuensi ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3. 3** batas atas dan batas bawah pita frekuensi

Band	Frequency, Hz					
	Octave			One-Third Octave		
	Lower Limit	Center	Upper Limit	Lower Limit	Center	Upper Limit
12	11	16	22	14.1	16	17.8
13				17.8		22.4
14	22	31.5	44	22.4	25	28.2
15				28.2	31.5	35.5
16				35.5	40	44.7
17	44	63	88	44.7	50	56.2
18				56.2	63	70.8
19				70.8	80	89.1
20	88	125	177	89.1	100	112
21				112	125	141
22				141	160	178
23	177	250	355	178	200	224
24				224	250	282
25				282	315	355
26	355	500	710	355	400	447
27				447	500	562
28				562	630	708
29	710	1,000	1,420	708	800	891
30				891	1,000	1,122
31				1,122	1,250	1,413
32	1,420	2,000	2,840	1,413	1,600	1,778
33				1,778	2,000	2,239
34				2,239	2,500	2,818
35	2,840	4,000	5,680	2,818	3,150	3,548
36				3,548	4,000	4,467
37				4,467	5,000	5,623

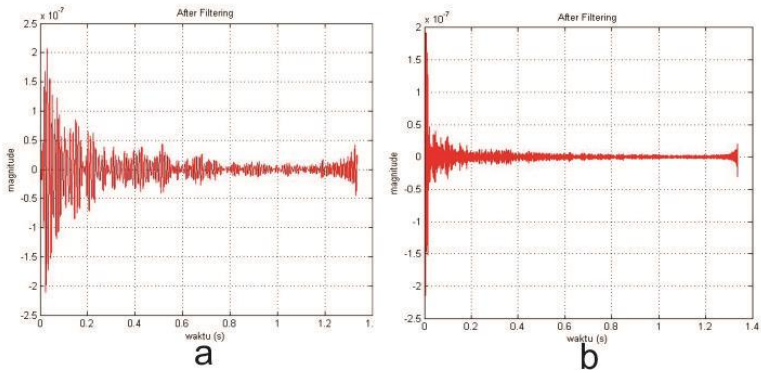


**Gambar 3. 7** hasil potongan grafik FFT (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz

Berdasarkan **Gambar 3.7**, filter bandpass digunakan untuk memotong grafik fft dengan cara meng-nolkan grafik sebelum batas bawah dan setelah batas atas. Pada **Gambar 3.7 (a)**, frekuensi sebelum 88 Hz dan sesudah 177 Hz di-nolkan untuk mendapatkan frekuensi pada 125 Hz. Pada **Gambar 3.7 (b)**, frekuensi sebelum 710 Hz dan sesudah 1420 Hz di-nolkan untuk mendapatkan frekuensi pada 1000 Hz. Meng-nolkan ini bertujuan untuk memperoleh frekuensi tengah dari batas atas dan batas bawah pada pita frekuensi satu oktaf.

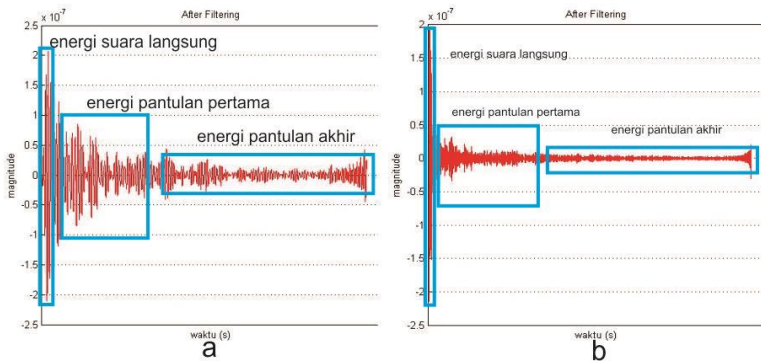
Dari data audio hasil filtering kelanjutannya dilakukan invers pada grafik yang sudah dipotong untuk menjadikan grafik tersebut pada domain waktu dan magnitudo pada frekuensi yang diinginkan.





**Gambar 3. 8** invers dari filter (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz

Berdasarkan **Gambar 3.8**, hasil invers dari filter kemudian dilakukan pengolahan sinyal untuk menghitung energi suara langsung, energi pantulan pertama dan energi pantulan akhir untuk kemudian dihitung nilai parameter  $ST_{early}$ ,  $ST_{late}$  dan C80. **Gambar 3.9 (a)** menunjukkan contoh bentuk pengelompokan sinyal gelombang suara dari respon impuls pada frekuensi 125 Hz. Dan **Gambar 3.9 (b)** menunjukkan contoh bentuk pengelompokan sinyal gelombang suara dari respon impuls pada frekuensi 1000 Hz

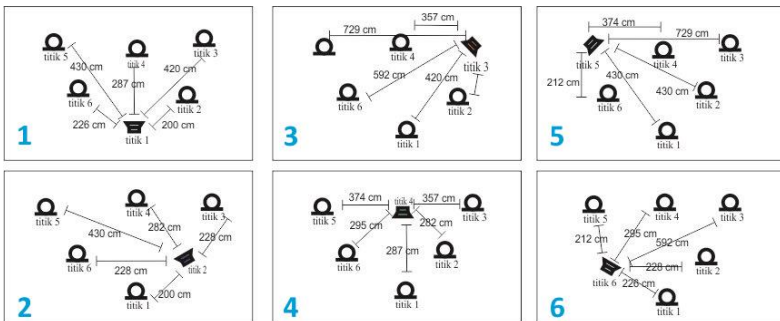


**Gambar 3. 9** cara memperoleh nilai parameter dari impuls (a) frekuensi 125 Hz (b) 1000 Hz

Berdasarkan **Gambar 3.9**, dengan menggunakan rumus-rumus yang telah diterangkan pada dasar teori selanjutnya akan diperoleh besarnya energi suara langsung, energi pantulan pertama dan energi pantulan akhir. Kemudian dapat diperoleh data-data dari parameter yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

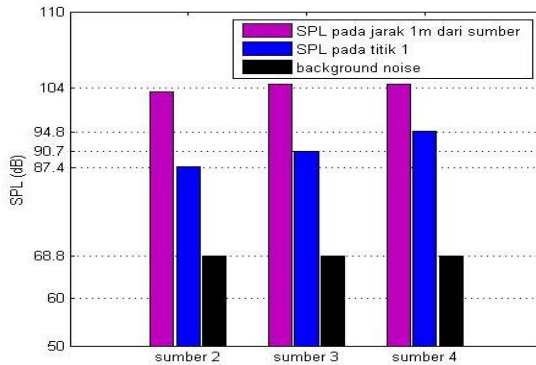
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah disampaikan pada **sub bab 3.2**, dalam suatu pementasan musik akustik, vokalis merupakan personil yang mendengarkan sumber suara dari personil lain. Hal yang sama juga dialami oleh pemain yang lainnya. **Gambar 4.1** menunjukkan berbagai macam kondisi antara sumber pada setiap titik dengan pemain yang mendengarkannya.



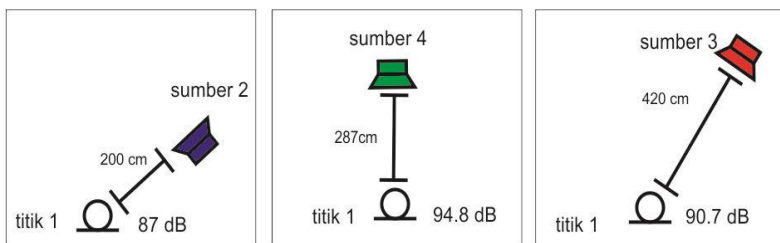
**Gambar 4. 1** posisi titik ukur

Berdasarkan **Gambar 4.1**, titik satu diasumsikan sebagai vokalis sedangkan titik 2-6 merupakan titik-titik dari personil lain. Pada tugas akhir ini akan membahas hanya pada 3 sumber yaitu pada sumber 2, sumber 3, dan sumber 4 terhadap pengaruhnya pada titik satu yaitu vokalis. Pengambilan sumber 2, 3 dan 4 saja dikarenakan bentuk graha yang simetris sehingga ketika kita memotong graha pada garis tengahnya akan sama pada sebelah kiri dan kanannya. Secara otomatis sumber pada 5 akan sama dengan sumber 3 sedangkan sumber 6 akan sama dengan sumber 2. Berdasarkan hasil pengukuran pada sumber 2,3 dan 4 diperoleh data tingkat tekanan suara seperti pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4. 2** SPL pada titik 1 dari sumber 2,3 dan 4

Berdasarkan **Gambar 4.2**, besarnya SPL atau tingkat tekanan suara yang digunakan untuk pengukuran adalah rata-rata sebesar 104 dB yang diukur dari jarak 1m didepan *speaker* sedangkan besarnya background noise pada panggung sebesar 68.8 dB. Kemudian setelah sumber dibunyikan dengan menggunakan sumber 2 tercatat energi bunyi suara langsung pada titik 1 (vokalis) sebesar 87.4 dB. Untuk sumber 3 tercatat pada titik 1 (vokalis) sebesar 90.78 dB. Sedangkan sumber 4 tercatat pada titik 1 (vokalis) sebesar 94.87 dB. **Gambar 4.3** menunjukkan jarak antar sumber dengan vokalis.

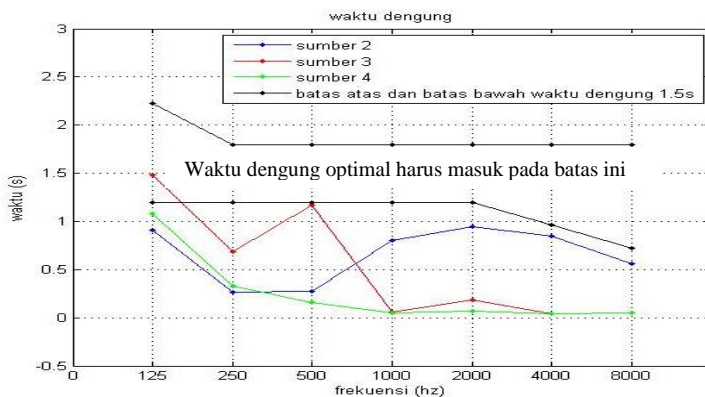


**Gambar 4. 3** jarak sumber terhadap titik pendengar

Berdasarkan **Gambar 4.3**, jarak antar sumber yang menyebabkan bedanya SPL karena pengaruh dari atenuasi jarak. Semakin jauh jarak tersebut terhadap titik pendengar maka pendengar akan merasakan energi yang lebih kecil pula. Pada sumber 2 dengan jarak 200 cm yang terukur adalah 67.4 dB hal ini disebabkan keterarahan dari *speaker* yang *directional* sehingga titik yang berada pada samping *speaker* akan bernilai kecil. Bunyi pada sumber 2 yang terekam pada titik 1 juga dipengaruhi oleh pantulan sekeliling panggung. Karena sumber 2 diarahkan kepada sudut panggung yang dapat dikatakan mempunyai material yang dapat memantulkan energi bunyi. Sedangkan energi sumber bunyi yang paling besar adalah pada sumber 4 sebesar 94.87 dB karena jaraknya yang lebih dekat dari pada sumber 3.

#### 4.1 Evaluasi Waktu Dengung

Waktu dengung merupakan merupakan bagian terpenting dalam menilai suatu akustik ruang. Waktu dengung sendiri merupakan berapa lama waktu tekanan suara sebesar 60 dB yang meluruh pada ruang tersebut. Waktu dengung pada setiap ruangan akan berbeda-beda untuk setiap titik diruangan tersebut. Dalam laporan ini untuk mendapatkan nilai waktu dengung menggunakan *software yoshimasa*. **Gambar 4.4** menunjukkan nilai RT.



**Gambar 4. 4** waktu dengung pada titik 1 untuk sumber 2,3 dan 4

Berdasarkan **Gambar 4.4**, merupakan nilai waktu dengung untuk setiap frekuensi yang diperoleh dari sumber 2, 3 dan 4 yang terekam pada titik 1. Sedangkan nilai waktu dengung pada laporan ini menggunakan pendekatan EDT (*early decay Time*) yaitu peluruhan waktu dengung pada range antara 0dB sampai dengan 10 dB. Sehingga didapatkan hasil pada titik 1 dari berbagai sumber seperti **Gambar 4.3** diatas. Pengambilan data EDT didasarkan pada permainan musik yang memiliki *rythem* cepat karena untuk masuk ke nada selanjutnya memerlukan waktu yang cepat. Untuk itu digunakan EDT dalam melakukan evaluasi nilai waktu dengung.

Dari hasil yang didapat waktu dengung pada panggung Graha sendiri memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap sumber yang digunakan. Hal ini dikarenakan karena pengaruh oleh material penyusun dari sekeliling panggung yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dan juga keterangan dari sumber sendiri. Pada sumber 2 ketika terekam pada mikrophone 1 yang arahnya dihadapkan sekiranya menghadap bagian pojok. Pada **Gambar 4.4** terlihat pula adanya tambahan energi dari pantulan oleh dindingnya panggung. Sehingga pada sumber 2 nilai waktu dengung pada frekuensi 1000 Hz besar. Hal ini dikarenakan material pada pojok panggung dapat memantulkan energi suara pada frekuensi 1000 Hz. Sedangkan untuk sumber 3 dan 4 karena langsung dihadapkan kepada titik pendengar maka sekiranya didapatkan nilai waktu dengung yang rendah dari sumber 2 pada setiap frekuensi. Besarnya waktu dengung untuk sumber 3 dibandingkan sumber 4, dikarenakan pada sumber 3 terjadi pantulan dari pojok panggung akibat dari sumber suara yang keluar dari belakang *speaker*. Sedangkan sumber 4, dibelakang *speaker* merupakan dinding kayu yang dilapisi karpet. Jika dilihat dari hasil tersebut dapat dikatakan dinding kayu tersebut tidak dapat memantulkan energi lagi atau disebut material absorber.

Dari waktu dengung yang sudah didapatkan dengan sumber demikian pada area panggung waktu dengung memiliki nilai yang relative kecil. Dapat dikatakan seperti ruang kelas biasa yang menunjukan bahwa ruang tersebut bagus dalam fungsi vokal atau

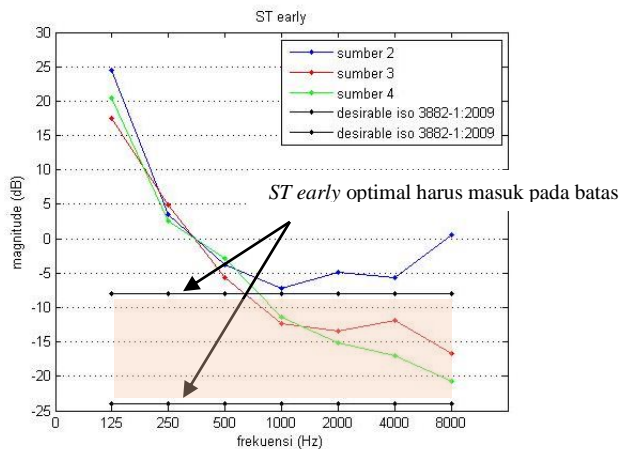
untuk fungsi musik maka perlu adanya desain ulang terkait bentuk dan material yang digunakan.

Berdasarkan rumus sabine **persamaan 2.1**, ruangan dengan volume  $45.000 \text{ m}^3$  dengan fungsi sebagai *concert hall* atau bangunan untuk musik maka waktu dengung yang harus didapatkan pada bangunan tersebut adalah 1.5 s sesuai dengan **Gambar 2.4**. Berdasarkan **Gambar 4.4** menunjukkan nilai waktu dengung optimal harus berada pada batas yang terlihat pada gambar tersebut. Dari hasil yang didapat, nilai waktu dengung pada panggung belum masuk pada grafik waktu dengung yang diinginkan. Sehingga pada graha sekiranya perlu untuk dilakukan penggantian material yang lebih reflektif agar dapat menghasilkan waktu dengung yang optimal untuk musik.

Sementara grafik waktu dengung yang optimal memperlihatkan bahwa pada frekuensi rendah diharapkan memiliki waktu dengung yang tinggi. Hal ini dikarenakan pada frekuensi rendah atau dapat dikatakan sebagai frekuensi untuk instrument bass cenderung pendengar menginginkan suara bass yang lebih tinggi. Berdasarkan Beranek tinggi suara bass pada ruangan dapat mempengaruhi kehangatan atau "*warmth*" pada ruang tersebut. Selain itu waktu dengung yang tinggi juga dapat menunjukkan kemegahan pada suatu ruangan.

#### 4.2 Evaluasi *ST early*

Seperti yang telah disampaikan pada **sub-bab 2.4**, nilai *ST early* menunjukkan pengaruh dari material penyusun panggung, tinggi nya level sumber, dan pendistribusian suara. Nilai tersebut dapat diperoleh melalui perbandingan dan pengolahan sinyal dari sinyal respon impuls yang diperoleh dari pengukuran. **Gambar 4.5** menunjukkan nilai dari *ST early*.



**Gambar 4. 5** *STearly* pada titik 1 (vokalis) dengan sumber 2, 3 dan 4

Berdasarkan **Gambar 4.5**, terlihat bahwa sebagai pendengar, vokalis akan mendengarkan suara yang berasal dari sumber langsung dan sekeliling panggung yang ditunjukkan dengan parameter *ST early*. Berdasarkan dari standar iso 3882-1 : 2009 *ST early* diperkirakan memiliki nilai antara -8dB sampai dengan -24 dB untuk rata-rata frekuensi antara 250 Hz sampai dengan 2000 Hz. Sedangkan tinggi atap dari atas panggung graha sebesar 15 meter, mempunyai nilai *ST early* seperti yang ditunjukkan **Gambar 4.5**. dari hasil yang didapat suara yang baik didengarkan pada panggung adalah yang mempunyai frekuensi diatas 1000 Hz. Jadi pada panggung Graha Sepuluh Nopember



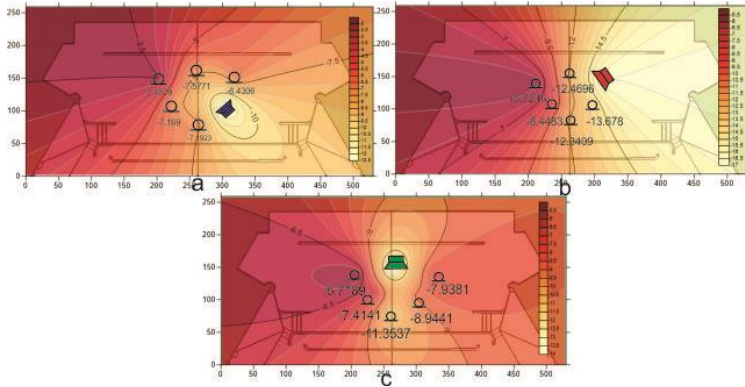
instrument yang sudah memenuhi kriteria dari iso 3882-1 : 2009 dan standar dari beranek adalah suara dari violin, clarinet, piccocio dan instrument lain yang memiliki range frekuensi diatas 1000 Hz. Frekuensi pada setiap instrument dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**

Nilai *ST early* yang kecil (minus) berarti energi suara langsung lebih tinggi dari pada energi pantulan pertama. Hal ini sesuai dengan **persamaan 2.3.** *ST early* pada sumber 2 dengan jarak 200 cm dari pendengar mempunyai nilai yang tidak masuk dalam standart yang digunakan hal ini dikarenakan arah dari sumber 2 memang tidak langsung menghadap kepada pendengar, mengarah pada bagian pojok panggung. Sehingga dapat dikatakan bahwa ketika suatu sumber suara diarahkan pada tembok pojok panggung maka akan terjadi pantulan, karena bagian belakang panggung menggunakan material yang reflektif. Sehingga energi patulan petama yang diterima pendengar akan lebih besar daripada energi suara langsungnya. Kemudian faktor dari keterarahan *speaker* sendiri, *speaker* yang digunakan mempunyai keterarahan *directional*. Sehingga pada titik pendengar yang terletak pada sebelah kiri atau kanan sumber 2 mendapat energi suara langsung yang kecil. Pada sumber 3 dengan jarak 420 cm dan sumber 4 dengan jarak 287 cm terhadap titik pendengar dengan *speaker* diarahkan pada titik pendengar, dari gambar dapat dikatakan bahwa pada sumber 3 dan 4 memiliki nilai *ST early* yang bagus (menuju minus) pada frekuensi 1000 Hz. Menurut teori energi suara langsung yang dihitung dari detik 0-10 ms harusnya memiliki jarak kurang dari 3,4 meter antara sumber dan titik pendengar. Sedangkan kasus pada sumber 3 yang memiliki jarak 420 cm dari titik pendengar, harusnya tidak dapat menggunakan perhitungan untuk energi suara langsung pada detik 0-10 ms. Tetapi dari hasil yang didapatkan energi suara langsung menunjukkan nilai yang besar pada fekuensi 1000 Hz keatas. Dari

hasil tersebut ada perlunya untuk melakukan penelitian tentang pengaruh jarak terhadap pengambilan waktu pada energi suara langsungnya.

Pada frekuensi bawah kurang dari 500 Hz nilai *ST early* mempunyai nilai yang buruk menuju positif. Hal ini dikarenakan pada frekuensi tersebut energi suara langsung lebih kecil daripada suara energi pantulan pertama. Artinya suara pada frekuensi bawah memang sulit untuk didengarkan oleh pendengar pada panggung dengan jarak yang sudah ditetapkan tadi. Yang diterima oleh pendengar pada panggung dari suara dari frekuensi rendah adalah dari pantulan nya. Sehingga pengambilan energi suara langsung pada frekuensi rendah akan menunjukkan nilai yang kecil.

Pengaruh *ST early* berasal dari arah, level dan kondisi bangunan pada sekeliling panggung sendiri. Dari gambar 4.6 tersebut terlihat semakin besar energi suara langsung maka nilai *ST early* akan semakin kecil (minus) sehingga apa yang diterima oleh vokalis adalah suara langsungnya. Untuk itu sebaiknya mengarahkan sumber harus langsung menghadap pendengarnya seperti sumber 4 yang menghadap langsung pada vokalis sehingga didapatkan *ST early* yang masuk dalam range rekomendasi dari ISO 3882-1 : 2009. Selanjutnya, **Gambar 4.6** menunjukkan pemetaan terhadap nilai *ST early* dari sumber 2,3 dan 4 terhadap titik-titik pendengar yang berada pada panggung pada frekuensi 1000 Hz.



**Gambar 4. 6** kontur *ST Early* frekuensi 1000 Hz

Berdasarkan **Gambar 4.6**, zona merah menunjukkan nilai *ST early* pada frekuensi 1000 Hz yang semakin besar (menuju sumbu positif), artinya semakin titik tersebut berada pada zona merah energi suara langsung yang diterima oleh pendengar lebih kecil daripada energi pantulan pertama. Sedangkan semakin titik tersebut berada pada zona putih, nilai *ST early* akan semakin kecil (menuju sumbu negatif) yang berarti energi suara langsung yang diterima lebih besar dari energi pantulan pertamanya.

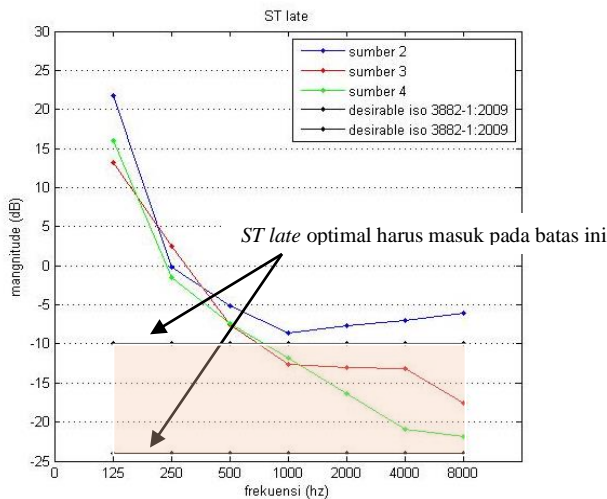
Titik 1 (vokalis) sebagai pendengar lebih bagus ketika mendengarkan dari titik 3 dan 4 dikarenakan semakin besar energi suara langsung yang diterima oleh titik tersebut daripada ketika mendengarkan dari sumber 2. Karena yang diterima dari sumber 2 lebih besar dari energi pantulan pertamanya.

Pada titik-titik yang berada pada zona merah merupakan pengaruh dari atenuasi jarak titik tersebut dari sumber. Semakin jauh sumber terhadap titik pendengar maka energi suara langsung akan semakin berkurang intensitasnya. Kemudian titik tersebut

akan lebih dapat mendengarkan suara dari pantulan dari tembok penyusun graha.

### 4.3 Evaluasi *ST Late*

Seerti yang telah disampaikan pada **sub-bab 2.5**, nilai *ST late* menunjukkan pengaruh dari waktu dengung dan pendistribusian suara. Nilai tersebut dapat diperoleh melalui perbandingan dan pengolahan sinyal, diperoleh nilai *ST late* seperti pada **Gambar 4.7**.

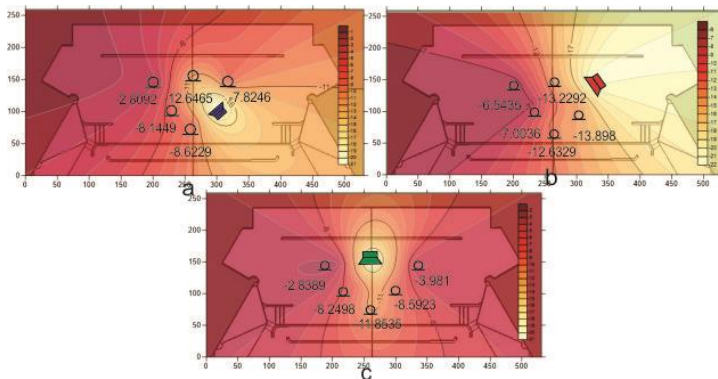


**Gambar 4. 7** *STlate* pada titik 1 (vokalis) dengan sumber 2, 3 dan 4

Berdasarkan **Gambar 4.7**, sebagai pendengar vokalis akan merasakan pengaruh pantulan akhir terhadap suara langsung dari sumber yang ditunjukkan melalui parameter *ST late*. Berdasarkan standar iso 3882-1 : 2009 *ST late* memiliki nilai antara -10 dB sampai dengan -24 dB untuk rata-rata frekuensi antara 250 Hz sampai dengan 2000 Hz. Dari hasil yang didapat instrument yang memiliki range pada lebih dari 1000 Hz dapat dikatakan baik jika di dengarkan pada panggung melalui parameter *ST late*.

Pada umumnya energi pantulan akhir yang digunakan untuk menentukan parameter  $ST_{late}$ , memiliki nilai yang lebih kecil daripada energi suara langsungnya. Dikarenakan pada pantulan akhir merupakan sisa dari energi yang masih berada pada ruangan. Pada sumber 2 ini terlihat bahwa energi pantulan akhir nya cukup tinggi daripada suara langsungnya. Besarnya energi pantulan akhir dikarenakan faktor dari besarnya waktu dengung. Waktu dengung yang lama menunjukkan bahwa pada ruangan tersebut masih memiliki energi yang besar. Energi tersebut termasuk energi pantulan akhir dan dapat dikatakan energi tersebut dapat merusak energi suara langsung. Sehingga nilai  $ST_{late}$  yang didapatkan ketika waktu dengung ruangan tinggi akan semakin menuju positif.

Berbeda dengan sumber 3 dan sumber 4 yang arah *speaker* diarahkan langsung pada pendengar maka yang terjadi adalah energi suara langsung akan lebih terdengar jelas pada pendengar. Jika graha diinginkan untuk menjadi ruangan yang memiliki waktu dengung 1.5 s. Kemungkinan besar akan mempengaruhi nilai  $ST_{late}$  yaitu akan semakin besar (menuju sumbu positif). Hal ini dikarenakan ruangan yang memiliki waktu dengung yang tinggi maka energi pantulan akhir akan menjadi semakin besar. **Gambar 4.8** menunjukan pemetaan terhadap nilai  $ST_{late}$  pada frekuensi 1000 Hz.

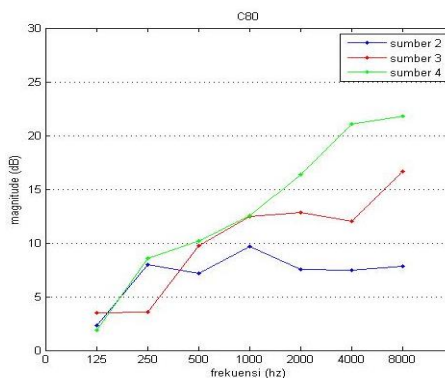


**Gambar 4. 8** kontur  $ST_{late}$  frekuensi 1000 Hz

Berdasarkan **Gambar 4.8**, terlihat bahwa pada titik titik yang jauh dari sumber berada pada zona merah. Hal ini menunjukkan pada titik-titik tersebut selain mendapatkan energi suara langsung yang sedikit dan dipengaruhi oleh tingginya energi pantulan akhir. Pada titik 1 (vokalis) mendapatkan nilai *ST late* dari sumber 2 sebesar -8.6 dB hal ini disebabkan ketika menggunakan sumber 2 waktu dengung pada titik tersebut mengalami peningkatan daripada sumber 3 dan 4 sehingga terdapat tambahan energi pada pantulan akhirnya. Oleh karena itu semakin tinggi waktu dengung maka jarak antara personil lain harusnya di dekatkan sehingga apa yang di dengar oleh personil lain merupakan energi suara langsung sendiri.

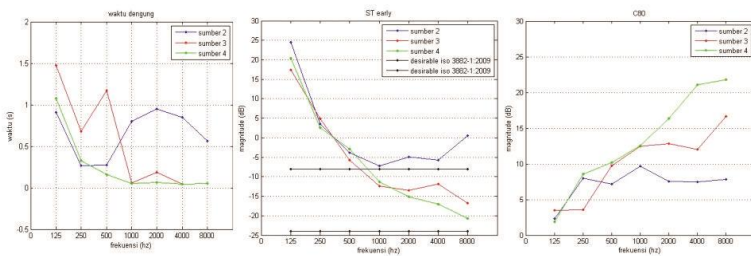
#### 4.4 Evaluasi Kejelasan Suara

Kejelasan suara dalam musik merupakan parameter akustik yang digunakan untuk menunjukan seberapa besar energi suara awal sebelum 80 ms dengan energi suara setelahnya. Energi awal sebelum 80 ms merupakan suara langsung dari sumber bunyi kemudian energi setelah 80 ms merupakan suara pantulan dari sumber tersebut. Jika energi suara langsung lebih besar dari energi suara pantulan artinya suara tersebut dikatakan cukup jelas, sebab suara dari suara langsung tidak terpengaruh dari energi suara pantulannya. **Gambar 4.9** menunjukkan nilai dari C80 pada panggung.



**Gambar 4. 9** C80 pada titik 1 (vokalis)  
dari sumber 2,3 dan 4

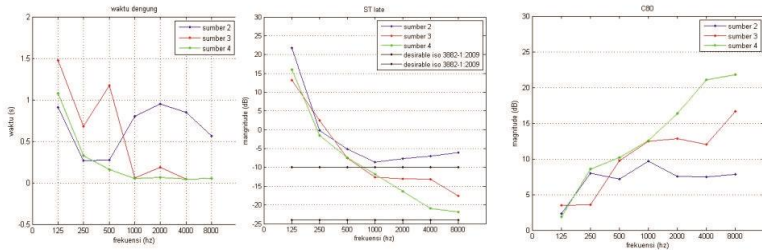
Berdasarkan **Gambar 4.9**, kejelasan suara dalam musik memiliki nilai yang lebih dari -5 dB rekomendasi dari Abdel Alim yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Artinya pendengar pada titik 1 (vokalis) akan mendengarkan suara langsung (energi sebelum dari 80 ms) yang lebih besar dari suara pantulannya (energi setelah dari 80 ms). Pada sumber 2 didapatkan nilai dari C80 yang lebih kecil daripada sumber 3 dan sumber 4. Hal itu terjadi karena sumber suara pada sumber 2 tidak diarahkan langsung pada pendengar sehingga mendapatkan energi suara langsung yang lebih kecil dari sumber lain.



**Gambar 4. 10** hubungan antara waktu dengung, *ST early* dan C80

Berdasarkan **Gambar 4.10**, hubungan antara waktu dengung dengan *ST early* adalah semakin tinggi waktu dengung maka nilai *ST early* akan semakin besar. jika nilai *ST early* besar energi suara pantulan langsung bernilai tinggi sehingga dapat mengganggu suara langsung yang diterima vokalis. Kemudian waktu dengung yang tinggi dapat diprediksi bahwa pada frekuensi tersebut memiliki pantulan pantulan setelah suara langsung yang tinggi. Selanjutnya tingginya nilai *ST early* juga dipengaruhi oleh keterarahan dari *speaker*. Jika *speaker* dihadapkan langsung terhadap vokalis seperti sumber 3 dan 4 maka energi suara langsung yang diterima akan semakin tinggi sehingga nilai *ST early* akan semakin kecil dibanding sumber 2 yang tidak dihadapkan langsung. Besarnya nilai *ST early* juga dipengaruhi jarak karena semakin jauh jarak dari sumber maka energi suara langsung yang diterima akan semakin kecil karena pengaruh atenuasi jarak. Sedangkan hubungan antara waktu dengung dengan C80 adalah semakin tinggi waktu dengung maka

nilai C80 akan semakin rendah. Sedangkan hubungannya *ST early* dengan C80 adalah semakin tinggi *ST early* maka akan semakin rendah nilai C80.



**Gambar 4. 11** hubungan antara waktu dengung, *ST late* dan C80

Berdasarkan **Gambar 4.11**, hubungan antara waktu dengung dengan *ST late* yaitu semakin tinggi waktu dengung tinggi maka nilai *ST late* akan semakin tinggi. jika nilai *ST late* tinggi maka energi pantulan akhir akan semakin tinggi sehingga dapat mengganggu energi suara langsung yang diterima vokalis. Jika energi pantulan akhir maka mengakibatkan kejelasan suara akan semakin kecil.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari sinyal suara dapat diketahui besarnya energi suara langsung, energi pantulan pertama dan energi pantulan akhir untuk mendapatkan nilai dari parameter yang digunakan
2. Pada Graha Sepuluh Nopember mempunyai rentang nilai waktu dengung sebesar 0.7-0.8, *ST early* mempunyai rentang sebesar -20 db – 24 dB pada setiap frekuensi, *ST late* mempunyai rentang sebesar -21 dB – 21 dB pada setiap frekuensi dan C80 mempunyai rentang sebesar 2 dB – 21 dB pada setiap frekuensi.
3. Panggung Graha Sepuluh Nopember belum dapat dikatakan baik sebagai area (ruang) musik, namun lebih cocok digunakan sebagai area untuk keperluan vokal.

#### **5.2 Saran**

Saran dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sumber omnidirectional dengan intensitas suara yang lebih besar.
2. Untuk mendapatkan waktu dengung sebesar 1.5 s, sebaiknya graha melakukan pergantian material yaitu menambahkan material yang lebih reflektif
3. Untuk mendapatkan nilai parameter *ST early* dan *ST late* yang bagus maka pada area graha jarak antar personil dikondisikan sedekat mungkin supaya dapat mendengarkan suara satu sama lainnya
4. Kemudian melakukan simulasi untuk perbaikan

5. Kemudian melakukan studi tentang pengaruh jarak terhadap pengambilan rentang waktu untuk mendapatkan nilai energi suara langsung dan energi pantulannya.

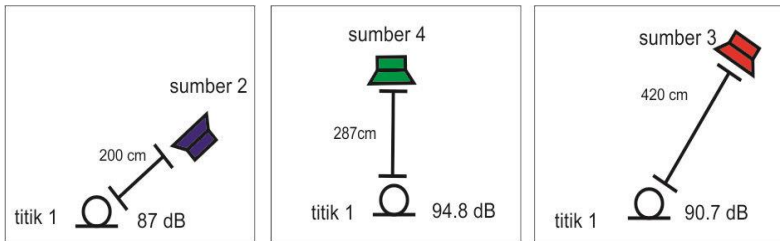
## DAFTAR PUSTAKA

- Alim, Abdel. 1973. *Abhängigkeit der Zeit- und Registerdurchsichtigkeit von raumakustischen Parametern bei Musikdarbietungen (Dependence of time and register definition of room acoustical parameters with music performances)*. Dissertation, TU Dresden 1973
- Ballou, Glen. 2008. *Handbook for Sound Engineers Fourth Edition*. Oxford
- Beranek, Leo. 1914. *Concert Halls and Opera Houses*. Springer
- Christina E. Mediastika. 2005. *Akustika Bangunan : Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Yogyakarta : Penerbit Erlangga
- Doelle, Leslie L. 1972. *“Environmental Acoustic”*. McGraw-Hill: USA.
- Gjers, Emma L. 2014. *Stage Acoustics in Concert Halls: a study of musicians' acoustical environment*. CHALMERS
- ISO 3382-1, Acoustics -- *Measurement of Room Acoustic Parameters -- Part 1 : Performance Space*
- Lovstad, anders. 2003. *Evaluation of Objective Echo Criteria*. Norwegian University of Science And Technology.
- Thomas D. Rhosing. 2007. *Handbook of acoustics*. : Stanford USA

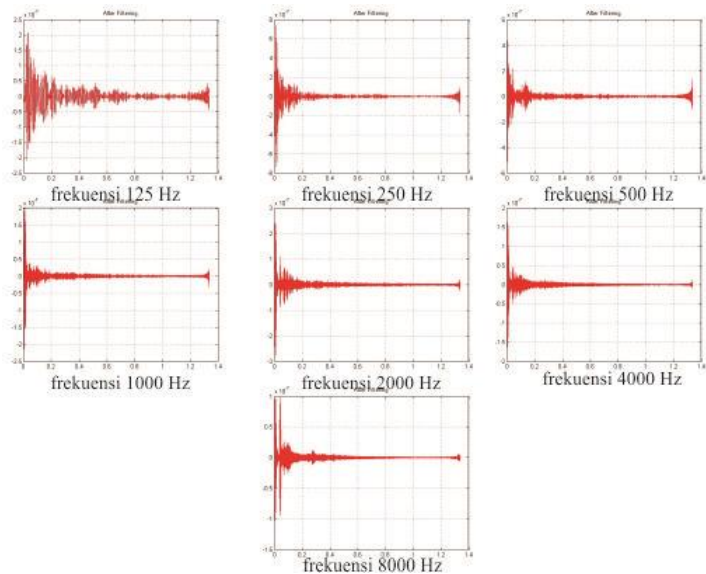
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN 1

### GAMBAR SINYAL SUARA pada TITIK 1

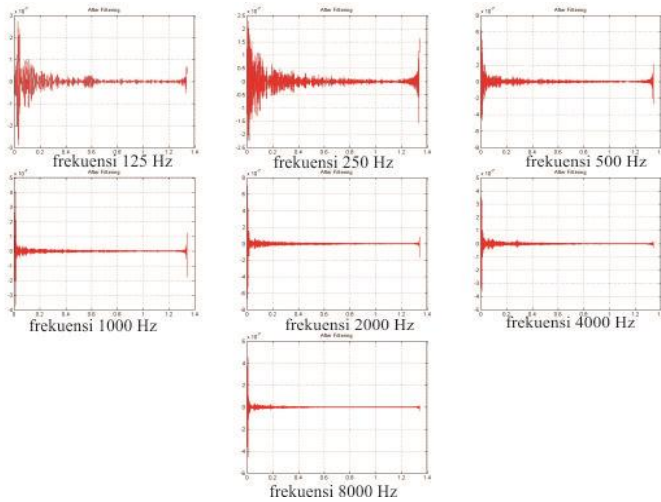


#### a. SUMBER 2



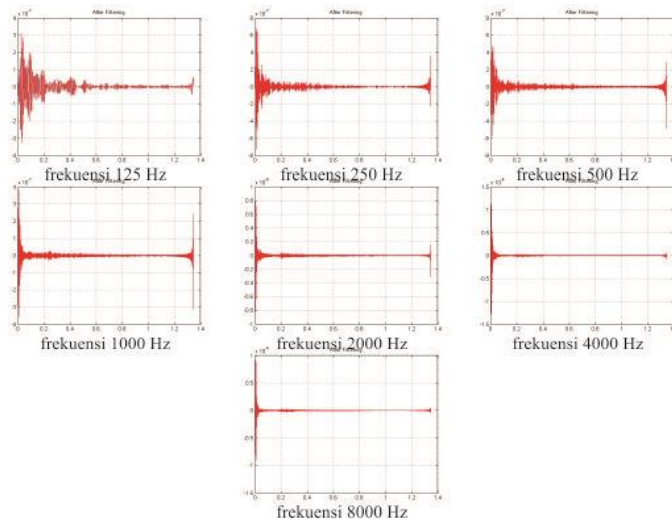
Gambar L1. 1 sinyal suara sumber 2 pada titik 1

## b. SUMBER 3



Gambar L1. 2 sinyal suara sumber 3 pada titik 1

## c. SUMBER 4



Gambar L1. 3 sinyal suara sumber 4 pada titik 1

## LAMPIRAN 2

### DATA PENGUKURAN WAKTU DENGUNG, *ST EARLY*, *ST LATE* dan C80 pada TITIK 1

Tabel L2. 1 Waktu Dengung sumber 2, 3 dan 4 pada titik 1

Frequency band [Hz]	EDT [s] sumber 2 pada titik 1	EDT [s] sumber 3 pada titik 1	EDT [s] sumber 4 pada titik 1
All(F)	0.749	0.875	0.873
125	0.787	0.908	1.479
250	0.182	0.268	0.682
500	1.217	0.271	1.173
1000	1.145	0.802	0.059
2000	0.887	0.95	0.184
4000	0.73	0.849	0.046
8000	0.379	0.565	0.049

Tabel L2. 2 ST Early sumber 2, 3 dan 4 pada titik 1

Frequency band [Hz]	St Early [dB] sumber 2 pada titik 1	St Early [dB] sumber 3 pada titik 1	St Early [dB] sumber 4 pada titik 1
125	24.5027	17.4621	20.4199
250	3.5047	4.9142	2.6196
500	-3.7853	-5.6747	-2.8395
1000	-7.1923	-12.3409	-11.3537
2000	-4.8724	-13.4616	-15.1168
4000	-5.682	-11.8411	-17.0015
8000	0.574	-16.7139	-20.6523

Tabel L2. 3 ST Late sumber 2, 3 dan 4 pada titik 1

Frequency band [Hz]	St late [dB] sumber 2 pada titik 1	St Late [dB] sumber 3 pada titik 1	St Late [dB] sumber 4 pada titik 1
125	21.8154	13.1461	15.9613
250	-0.2113	2.5016	-1.5098
500	-5.0818	-7.5502	-7.3906
1000	-8.6229	-12.6329	-11.8535
2000	-7.6516	-13.0138	-16.3562
4000	-7.0502	-13.1108	-20.9176
8000	-6.0057	-17.5684	-21.7908

Tabel L2. 4 C80 sumber 2, 3 dan 4 pada titik 1

Frequency band [Hz]	C80 [dB] sumber 2 pada titik 1	C80 [dB] sumber 3 pada titik 1	C80 [dB] sumber 4 pada titik 1
125	2.3462	3.4676	1.8803
250	7.9626	3.5755	8.539
500	7.1353	9.7245	10.172
1000	9.6961	12.4926	12.5333
2000	7.531	12.7965	16.351
4000	7.4478	12.0296	21.0931
8000	7.8444	16.6756	21.8088



## BIOGRAFI PENULIS



Mudito Tejo Basworo dilahirkan di KEDIRI, 16 JUNI 1995, merupakan anak satu-satunya dari alm. Ngabdoel Soewiknyo dan Moedjilah. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDS Pwayatan Dhaha Kediri, SMPK Petra Kediri, SMAN 1 Kediri. Berkat doa orang tua yang mujarab, akhirnya penulis diterima di jurusan S1 Fisika ITS dan terdaftar dengan NRP 1113100035 dan mendalami di bidang Instrumentasi

Akustik. Selama masa perkuliahan penulis mulai aktif dalam kepengurusan organisasi HIMA FISIKA ITS dan UKM IACC setelah tahun ke 3. Dengan dukungan dari semua pihak penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Harapan penulis adalah agar karya ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan menjadi kontribusi penulis dalam kebermanfaatan di bidang AKUSTIK RUANG. Penulis berharap agar hasil penelitian ini bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih lanjut. Apabila terdapat kritik atau saran dapat dihubungi melalui e-mail : [muditotejobasworo@gmail.com](mailto:muditotejobasworo@gmail.com)